Journal of Agricultural Machinery
Vol. 10, No. 2, Fall- Winter 2020, p. 325-336

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۹، ص ۳۳۶-۳۲۵

بررسی اثر سرعت دورانی، دما، نوع پیچ فشاری و قطر دای بر میزان روغن استخراج‌شده از دانه روغنی کنجد

منصور عسافی[1]، رسول معمار دستجردی[2*]، محمد نوشاد[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۷

چکیده

در سال‌های اخیر همگام با رشد جمعیت و بهبود سطح زندگی، مصرف روغن‌های گیاهی رو به افزایش نهاده و موجب افزایش سطح زیر کشت دانه‌های روغنی شده است. اخیراً کنجد به‌عنوان یک گیاه مناسب روغنی برای کشت در شرایط آب و هوایی ایران مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش یک دستگاه عصاره‌گیری از دانه‌ی روغنی کنجد، به روش پیچ پرسی طراحی و ساخته شد. آزمایش‌های مختلفی برای تعیین میزان روغن استخراج شده بر اساس پارامترهای قابل تغییر همچون شکل هندسی پیچ‌های پرسی، سرعت دورانی پیچ پرسی، دمای استخراج و قطر دای انجام شد. آزمایش‌ها در سه سطح دمایی (۳۰، ۶۰ و ۹۰ $^{\circ}C$)، سه سطح سرعت دورانی (۲۰، ۵۰ و ۸۰ rpm)، سه مدل پیچ پرسی (سر راست با گام ثابت، سر راست با گام متغیر و مخروطی) و سه قطر دای (۶، ۸ و ۱۰mm)، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گردید. نتایج تحقیق نشان داد که اثر نوع پیچ پرسی، سرعت دورانی، دمای استخراجی و اندازه دای بر میزان استخراج روغن در سطح یک درصد معنی‌دار است به‌گونه‌ای که پیچ پرسی مخروطی با سطح سرعت ۵۰ rpm و سطح دمایی ۶۰ $^{\circ}C$ و قطر دای ۶mm بیشترین میزان استخراج روغن را داشت. برای پیش‌بینی میزان روغن کنجد استخراج شده از شبکه عصبی مصنوعی از نوع پرسپترون چندلایه و مقایسه آن با مدل‌های رگرسیونی استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی با توپولوژی ۱-۸-۳ با ضریب همبستگی ۹۷/۴۷ درصد و مجذور میانگین مربعات خطای، ۰/۶۵ در مقایسه با مدل‌های رگرسیون خطی و درجه دوم کارایی بالاتری در پیش‌بینی میزان روغن استخراجی دارد.

واژه‌های کلیدی: استخراج، پیچ پرسی، حرارت، روغن کنجد، سرعت دورانی، شبکه عصبی، قطر دای

مقدمه

در سال‌های اخیر همگام با رشد جمعیت و بهبود سطح زندگی، مصرف روغن‌های گیاهی رو به افزایش نهاده و موجب افزایش سطح زیر کشت دانه‌های روغنی شده است. امروزه در راستای بهبود رژیم غذایی، جایگزینی چربی‌های حیوانی با روغن‌های گیاهی به چشم می‌خورد که این موضوع به‌منظور داشتن یک رژیم غذایی سالم و استفاده از غذاهایی با اثر سلامت‌بخشی در ارتباط است (Cert *et al.*, 2000). افزایش تولید روغن‌های خوراکی را می‌توان علاوه بر بهبود شیوه‌های کشت و اصلاح ارقام پر محصول، از طریق بهبود سامانه‌های مورد استفاده در مراحل مختلف مربوط به دانه و ازجمله سامانه دستگاه روغن‌کشی تأمین نمود. با توجه به این‌که بیش از ۹۰ درصد روغن‌های خوراکی از طریق واردات تأمین می‌شود، با ساخت و اصلاح دستگاه‌های استخراج روغن می‌توان تولید داخلی را بالا برد و میزان وابستگی را کاهش داد (Feyzollahzadeh *et al.*, 2013). در همین راستا نیز پیشرفت‌هایی در فرآوری دانه‌های روغنی همچون روش پرس سرد، به‌منظور فراهم آوردن محصولی با کیفیت بالا صورت گرفته است. بزرگ‌ترین منبع روغن‌های نباتی، گیاهان یک‌ساله نظیر سویا، ذرت، پنبه و بادام‌زمینی می‌باشند. منابع دیگر روغن‌های نباتی گیاهانی مانند درخت نخل روغنی، زیتون و نارگیل هستند (Malek, 2000). یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی در دنیا، کنجد می‌باشد. کنجد با نام علمی (*Sesamum Indicum* L.)، گیاهی علفی از خانواده (Pedaliaceae) می‌باشد که حاوی ۵۸-۴۴ درصد روغن، ۲۵-۱۸ درصد پروتئین و ۱۳/۵ درصد کربوئیدرات می‌باشد (Alyemeni *et al.*, 2011; Rababa'h, 1998). این گیاه یک‌ساله بوده و ارتفاعش بالغ بر یک متر است. کنجد در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری با آب و هوای خشک و بارانی رشد می‌کند (Biabani *et al.*, 2008). بیش‌ترین سطح زیر کشت این محصول مربوط به کشورهای در حال‌توسعه آسیا و آفریقا می‌باشد و در این میان سه کشور چین، هند و میانمار به‌عنوان بزرگ‌ترین تولیدکننده این محصول در دنیا به‌حساب می‌آیند (El Khier *et al.*, 2008). میزان تولید کنجد در ایران در سال ۲۰۱۶ بیش از ۵۶۱۷۶ تن بوده است (FAO, 2017). روش‌های متفاوتی برای استخراج

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران
۲- استادیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران
۳- استادیار گروه صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: rasoul.memar@asnrukh.ac.ir)
DOI: 10.22067/jam.v10i2.78223

روغن از دانه‌های روغنی وجود دارد؛ ازجمله این روش‌ها می‌توان به روش استخراج روغن به کمک حلال‌های صنعتی، استخراج روغن به‌وسیله پرس هیدرولیک، پیچ پرسی و غلتک‌های فشاری اشاره کرد (Ajibola *et al.*, 2002; Bamgboye and Adejumo, 2007). امروزه از میان انواع مختلف روش‌های روغن‌گیری از دانه‌های روغنی، مطمئن‌ترین روش استخراج روغن از دانه‌های روغنی روش پیچ پرسی می‌باشد. این روش در مقایسه با سایر روش‌ها ساده‌تر، دارای قیمت مناسب، امنیت غذایی بالا و دوست‌دار محیط‌زیست است (Haumann, 1997; Wiesenborn *et al.*, 2001). عوامل مختلفی بر ماکزیمم میزان استخراج روغن از دانه‌های روغنی در این روش تأثیرگذار هستند. با شناخت و بهبود این روش‌ها می‌توان میزان استخراج روغن از دانه‌های روغنی را افزایش و میزان روغن خارج شده به همراه تفاله خروجی را کاهش داد. برای شناخت بیشتر این عوامل می‌توان به مواردی مانند نوع هندسی پیچ پرسی، میزان رطوبت دانه روغنی، میزان سرعت چرخش شافت پرسی (rpm)، دما و قطر سوراخ دای[1] اشاره کرد. با بهبود فاکتورهای گفته شده می‌توان یک دستگاه روغن‌گیری از دانه‌های روغنی با بیشترین میزان بازده عملکرد را ارائه داد. فشار و پرس دانه‌ها و چرخش هم‌زمان سیلندر، سبب ایجاد حرارت و افزایش دما می‌شود. پیش‌تیمار حرارتی و افزایش دما سبب خروج بیشتر و سریع‌تر روغن از دانه و مؤثر شدن فرآیند استخراج می‌گردد (Malek, 2000). استخراج روغن با پرس، به‌صورت گرم یا سرد می‌باشد. روش پرس برای دانه‌هایی مانند کنجد که حاوی مقادیر بالایی از روغن می‌باشند، به‌کار گرفته می‌شود. استفاده از این روش به‌تنهایی ناکافی بوده و میزان زیادی از روغن در خوراک باقی می‌ماند که سپس از طریق حلال استخراج می‌گردد. بازده استخراجی روغن در پرس گرم بالاتر از پرس سرد بوده ولی به دلیل حرارت تولید شده در حین فشردن، کیفیت روغن حاصله پایین‌تر است و این در حالی است که روغن حاصله از پرس سرد خواص طبیعی خود را بهتر حفظ نموده و عاری از مواد شیمیایی می‌باشد (Siger *et al.*, 2008). با توجه به افزایش سطح آگاهی مردم مبنی بر اثرات نامطلوب و سمی ناشی از استفاده مواد شیمیایی در استخراج روغن بر سلامت افراد و همچنین اثرات جبران‌ناپذیر حلال‌ها بر محیط‌زیست، تلاش جهت بهبود این فرآیندها و جایگزینی آن‌ها با سایر روش‌های دیگری مانند روش استخراج روغن به کمک پیچ پرسی که هم‌خوانی بیشتری با محیط‌زیست دارند صورت گرفته است (Mazaheri, 2006). لذا هدف کلی از این پژوهش بررسی اثر پارامترهای سرعت دورانی پرس مارپیچی، دما، نوع پیچ پرسی و قطر دای بر میزان استخراج روغن از دانه روغنی کنجد و مطالعه پیش‌بینی میزان استخراج روغن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه آن با مدل‌های رگرسیون خطی و درجه دوم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

خواص فیزیکی کنجد

کنجد مورد نیاز برای انجام آزمایش‌ها از مراکز مطمئن تولید روغن کنجد در شهرستان خریداری شد. برای اندازه‌گیری میانگین هندسی دانه حدود ۱۰۰ عدد دانه‌ی روغنی کنجد به‌صورت تصادفی انتخاب گردید و سه محور اصلی دانه‌ی روغنی (W= عرض، L= طول، T= ضخامت) به کمک کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد. با استفاده از این سه محور، قطر متوسط هندسی (D_a)، میانگین هندسی قطر (D_g) و ضریب کرویت ($Ø_p$) و سطح (S) دانه توسط روابط (۱)، (۲)، (۳)، (۴) محاسبه شدند (Mohsenin, 1986).

$$D_a = \frac{L + W + T}{2} \qquad (۱)$$

$$D_g = (LWT)^{1/3} \qquad (۲)$$

$$Ø_p = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \qquad (۳)$$

$$S = \pi {D_g}^2 \qquad (۴)$$

جرم نمونه و همچنین وزن هزار دانه به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱gr اندازه‌گیری شد. خواص فیزیکی دانه‌ی روغنی کنجد، D_a، D_g، $Ø_p$ و s به‌ترتیب ۲/۶۵ mm، ۱/۷۳ mm، ۰/۶۰ و mm^2 ۹/۳۹ به‌دست آمدند.

دستگاه روغن‌گیری کنجد

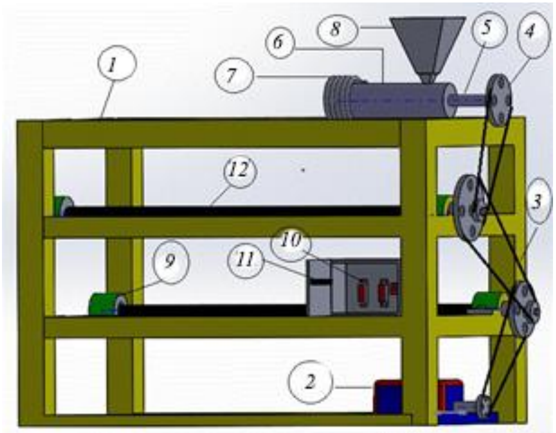
به‌منظور بررسی تأثیر سرعت پیچ پرسی، حرارت محفظه پرس، نوع پیچ پرسی و اندازه سوراخ دای بر میزان روغن کنجد استخراج شده، دستگاه استخراج روغن با قابلیت تغییر پارامترهای مورد نظر طراحی و ساخته شد. طرحواره دستگاه عصاره‌گیری از دانه‌ی روغنی کنجد در شکل ۱ نشان داده شده است.

طراحی پیچ‌های پرسی دستگاه روغن‌کشی

پیچ‌های پرسی که در شکل ۲ نمایش داده شده‌اند یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین قطعات دستگاه روغن‌گیری از دانه‌ی روغنی می‌باشند. این قطعه‌ها نقش مهمی در افزایش عملکرد استخراج روغن از دانه‌ی روغنی را ایفا می‌کنند. این پیچ‌ها هم وظیفه انتقال مواد به سمت جلوی دستگاه و هم وظیفه پرس دانه‌های روغنی را بر عهده دارند. انتخاب درست نوع پیچ و به‌کارگیری صحیح آن در دستگاه روغن‌گیری سبب افزایش بازده دستگاه می‌شود. پیچ‌های پرسی دارای انواع مختلفی می‌باشد که هم از لحاظ هندسی و هم از لحاظ جنس اولیه با هم متفاوت می‌باشند. با توجه به اهمیت استفاده از پیچ پرسی در افزایش عملکرد استخراج روغن، در این پژوهش از سه نوع مدل

۱- محل خروج تفاله از دستگاه روغن‌گیری

پیچ پرسی سر راست، مخروطی و گام متغیر استفاده شد و تأثیر آن‌ها در میزان روغن خروجی مورد بررسی گرفت.



شکل ۱- طرحواره دستگاه عصاره‌گیری از دانه‌ی روغنی (۱- شاسی، ۲- موتور الکتریکی، ۳- تسمه، ۴- پولی، ۵- پیچ پرسی، ۶- مخزن، ۷- المنت حرارتی، ۸- سیلندر تغذیه، ۹- یاتاقان، ۱۰- کلید، ۱۱- ترموستات، ۱۲- محور نگهدارنده پولی)

Fig.1. Schematic of oil extraction machine (1- Chassis, 2- Electric motor, 3- Belt, 4- Pulley, 5- Press screw, 6- Hopper, 7- Thermal element, 8- Feeding cylinder, 9- Bearings, 10- Switches, 11- Thermostats, 12- Pulley support axis)



شکل ۲- پیچ‌های پرسی مورد استفاده (سر راست با گام ثابت (a)، مخروطی (b) و گام متغیر(c))

Fig.2. Press screws (Spur gear with constant pitch (a), Conical (b) and Variable pitch(c))

مکانیسم تغییر سرعت دورانی

یکی از مکانیزم‌های انتقال نیرو، سیستم پولی و تسمه می‌باشد. وظیفه این سیستم انتقال نیرو از موتور الکتریکی به پیچ پرسی و تولید گشتاور مورد نیاز می‌باشد. در دستگاه عصاره‌گیری از دانه‌های روغنی برای به‌دست آوردن سرعت دورانی مورد نیاز و تولید گشتاور مناسب از این سیستم استفاده شد. برای رسیدن به سه سطح سرعت دورانی ۲۰، ۵۰ و ۸۰ rpm دو پولی واسط به‌کار برده شد. مطابق شکل ۱ این پولی‌ها برای کاهش دور و همچنین برای کاهش قطر پولی‌هایی که روی پیچ‌های پرسی نصب می‌شوند، مورد استفاده قرار گرفتند. برای به‌دست آوردن سرعت و قطر مناسب پولی‌ها از رابطه‌ی (۵) استفاده شد (Olaomi, 2008) .

$$N_1D_1 = N_2D_2 \quad (۵)$$

که در این رابطه N_1، سرعت پولی خروجی، D_1، قطر پولی خروجی (m)، N_2، سرعت پولی ورودی و D_2، قطر پولی ورودی (m) می‌باشند.

طراحی دای

یکی از قطعات تأثیرگذار در افزایش راندمان استخراج روغن و همچنین افزایش فشار وارده به دانه‌ی روغنی کنجد، دای می‌باشد. این قطعه در شکل ۳ نمایش داده شده است. این قطعه در قسمت جلوی دستگاه، محلی که بیشترین فشار به دانه‌ی روغنی وارد می‌شود قرار دارد. هدف از ساخت دای به‌دست آوردن قطر مناسب جهت خروج تفاله می‌باشد. با تغییر قطر دای می‌توان فشار حاصله را تغییر داد. جهت حصول فشارهای متغیر از سه قطر سوراخ متفاوت دای (۶، ۸ و ۱۰mm) استفاده شد.



شکل ۳- طرحواره دای دستگاه عصاره‌گیری از دانه روغنی کنجد (۱- محل یاتاقان، ۲- محل خروج تفاله)
Fig.3. Schematic of sesame oil extracting machine nozzle (1- Bearing location, 2- Residual outlet)

سیستم حرارتی

در دستگاه عصاره‌گیری از یک المنت میله‌ای ۸۰ واتی که دارای قابلیت انعطاف بالایی است استفاده شد. این المنت در قسمت جلوی دستگاه تعبیه گردید. برای کنترل دما از یک ترموستات BR6 و یک حس‌گر دمایی type k استفاده شد. این سیستم وظیفه تأمین و ثابت نگه‌داشتن دما در سه سطح (۳۰، ۶۰، ۹۰ درجه سلسیوس) را بر عهده داشت. برای یکسان شدن دما در کل طول سیلندر تغذیه، حدود ۱۰ دقیقه قبل از انجام آزمایش‌ها سیستم حرارتی شروع به‌کار می‌کرد.

مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی

جهت تعیین شبکه عصبی بهینه از ابزار عصبی نرم‌افزار متلب (Matlab, 2012b) استفاده گردید. نوع شبکه طراحی شده پرسپترون چندلایه (MLP) بود. جهت طراحی این شبکه، در لایه اول (ورودی) ۳ نورون وجود دارد که برابر تعداد پارامترهای متغیر مورد بررسی است (نوع پیچ پرسی، سرعت دورانی پیچ و دما)، لایه دوم مخفی است و لایه آخر (خروجی) دارای یک نورون (میزان روغن استخراج شده) است که برابر تعداد خروجی مورد بررسی در این شبکه است. جهت آموزش از الگوریتم لونبرگ-مارکوارت[1] (LM) استفاده شد که جزو سریع‌ترین روش‌های آموزش شبکه عصبی می‌باشد. در واقع وظیفه این الگوریتم کاهش خطا در حین آموزش شبکه است. یکی از مشکلاتی که هنگام آموزش شبکه عصبی ممکن است پیش بیاید، بیش‌آموزی شبکه است. بدین‌صورت که در هنگام آموزش شبکه، خطا به مقدار قابل قبول می‌رسد ولی هنگام ارزیابی، خطای شبکه به‌مراتب از خطای داده‌های آموزشی بیش‌تر باشد. برای جلوگیری از بیش‌آموزی دو راه وجود دارد: ۱- توقف سریع آموزش، ۲- انتخاب کم‌ترین تعداد نرون در لایه پنهان (Erenturk and Erenturk, 2007; Hernandez-Perez *et al.*, 2004). در این تحقیق از روش دوم استفاده شد. بدین‌صورت که برای آموزش شبکه، ابتدا داده‌ها به‌صورت تصادفی به سه قسمت تقسیم شدند، به‌طوری که ۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش، ۱۵ درصد داده‌ها برای ارزیابی و ۱۵ درصد داده‌ها برای تست شبکه استفاده شد. در حین آموزش شبکه، زمانی که خطای بین داده‌های آموزش و ارزیابی در حال افزایش باشد، فرآیند آموزش قطع می‌شود. جهت اتصال لایه ورودی به لایه پنهان از توابع فعال‌سازی تانژانت سیگموئید هیپربولیکی در مراحل مختلف آزمون و خطای شبکه‌ها استفاده شد. جهت اتصال لایه پنهان به لایه خروجی، تابع فعال‌سازی خطی به‌کاربرده شد. از دو معیار ارزیابی ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی (R^2) برای ارزیابی و مقایسه عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده شد. معادلات هر یک از آماره‌ها در ذیل ارائه شده است:

$$R^2 = 1 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Y_{pi} - Y_{ei}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(Y_{pi} - \bar{Y}\right)^2}} \quad (۶)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_{pi} - Y_{ei})^2}{n}} \quad (۷)$$

در این روابط Y_{pi} داده‌های پیش‌بینی‌شده توسط مدل و Y_{ei} داده‌های اندازه‌گیری شده و n تعداد کل داده‌ها است (Dolatabadi *et al.*, 2016).

طرح آماری مورد استفاده

در این پژوهش برای تعیین بهترین پارامتر های استخراج روغن از دانه‌ی روغنی کنجد از دو آزمایش استفاده شد. در آزمایش اول متغیرهای مستقل شکل هندسی پیچ پرسی (پیچ پرسی با فاصله گام ثابت، پیچ پرسی با فاصله گام متغیر و پیچ پرسی مخروطی)، دما (°C ۳۰، ۶۰ و ۹۰) و سرعت (۲۰، ۵۰ و ۸۰ rpm) بوده و متغیر وابسته، میزان خروج روغن از دانه‌ی روغنی بود. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار صورت گرفت. قطر دای در این آزمایش ثابت ۶mm در نظر گرفته می‌شود (Deli *et al.*, 2011). بعد از مشخص شدن بهترین پارامترها (شکل هندسی پیچ پرسی، دما و سرعت) آزمایش دوم با ثابت گرفتن این پارامترها برای تعیین بهترین قطر دای انجام صورت گرفت. این آزمایش با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با یک فاکتور (قطر دای) در سه سطح ۶، ۸ و ۱۰mm و با سه تکرار انجام شد. میزان کنجد مورد استفاده برای هر آزمایش مقدار ثابت ۳۰۰gr بود. هم‌چنین تحلیل رگرسیون‌های خطی و چندجمله‌ای درجه دوم با استفاده از نرم‌افزار

1- Levenberg- Marquardrt Algorithm

MINITAB نسخه ۱۷ انجام شد. رگرسیون چندجمله‌ای درجه دوم بر اساس روش گام‌به‌گام انجام و جملات غیر معنی‌دار از مدل حذف شدند. دقت مدل‌ها با محاسبه شاخص‌های ضریب همبستگی و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) مقایسه شدند. مدلی که دارای بالاترین مقدار ضریب همبستگی و کم‌ترین مقدار RMSE باشد، در پیش‌بینی داده‌های اندازه‌گیری شده، دقت بالاتری دارد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد. کلیه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح یک درصد و پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند. برای رسم قطعات مورد نیاز برای طراحی دستگاه از نرم‌افزار Solid works استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آنالیز تجزیه واریانس میانگین داده‌های حاصل از تغییر نوع پیچ پرسی، سرعت دورانی و دما بر میزان استخراج روغن از دانه‌ی روغنی کنجد در جدول ۱ نمایش داده شده است. طبق جدول ۱ اثر نوع پیچ پرسی، سرعت دورانی و دمای استخراجی و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان استخراج روغن در سطح یک درصد معنی‌دار شده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین داده‌های حاصل از نوع پیچ پرسی، سرعت دورانی و دمای استخراجی بر میزان استخراج روغن

Table 1- Analysis of variance of press screw type, rotational speed and extraction temperature on the amount of oil extraction

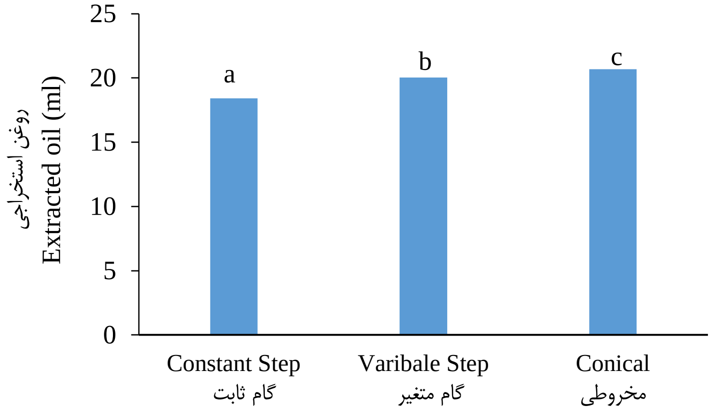
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares
پیچ پرسی Press screw	2	36.540**
سرعت دورانی Rotational speed	2	118.244**
دمای استخراجی Extraction temperature	2	166.318**
پیچ پرسی × سرعت دورانی Press screw× Rotational speed	4	0.920**
پیچ پرسی × دمای استخراجی Press screw× Extraction temperature	4	6.663**
سرعت دورانی× دمای استخراجی Rotational speed × Extraction temperature	4	5.114**
پیچ پرسی × سرعت دورانی× دمای استخراجی Press screw× Rotational speed× Extraction temperature	8	2.283**
خطا Error	54	0.247

ns، * و** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns, * and **, non-significant and significant at 0.05 and 0 .01 level, respectively

اثر شکل هندسی پیچ پرسی بر میزان استخراج روغن از دانه‌ی روغنی

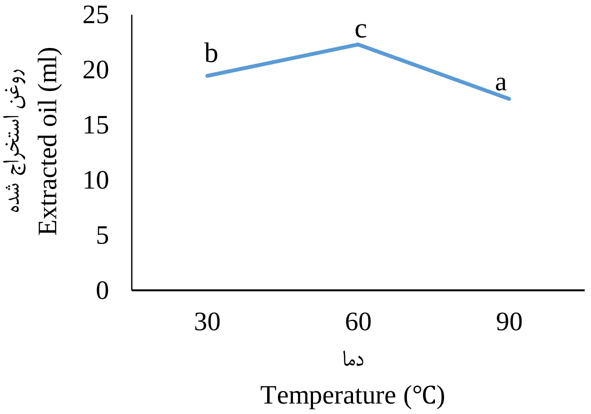
نتایج حاصل آزمایش‌ها نشان داد که تغییر نوع هندسی پیچ پرسی بر میزان استخراج روغن در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مطابق شکل ۴ بیشترین میزان استخراج روغن مربوط به پیچ پرسی مخروطی با مقدار ۲۰/۶۸ ml و کمترین میزان استخراج مربوط به پیچ پرسی سر راست با فاصله گام ثابت (پیچ ساده) با مقدار ۱۸/۴۲ ml می‌باشد. در پیچ پرسی سر راست با فاصله گام متغیر به سبب کاهش فاصله بین گام‌ها و کاهش سطح مقطع، نیروی وارده بر دانه‌ی روغنی بیشتر شده و این امر سبب افزایش گرمای حاصل از اصطکاک دانه‌های روغنی می‌شود. این دو مزیت، افزایش فشار و افزایش گرما سبب افزایش راندمان استخراج روغن از دانه‌ی روغنی می‌شود. در پیچ پرسی مخروطی نیز به دلیل کاهش فاصله بین شیارهای پیچ‌پرسی و دیواره‌ی داخلی محفظه‌ای که پیچ در آن قرار می‌گیرد، فشار و گرما افزایش می‌یابد. در حقیقت با افزایش فشار دیواره سلولی دانه شکسته شده و روغن بیشتری آزاد می‌شود (Khan and Hanna, 1983). در پژوهشی که روی سیاه‌دانه انجام شد مشخص شد که هرچه اندازه قطر پیچ پرسی کوچک‌تر گردد، میزان فشار افزایش یافته و روغن خروجی بیشتر می‌شود (Deli *et al.*, 2011).



شکل ٤– اثر نوع پیچ پرسی بر میزان استخراج روغن از دانه‌ی کنجد
Fig.4. The effect of press screw type on the amount of oil extracted from sesame seeds

اثر متغیر دما بر میزان استخراج روغن از دانه‌ی روغنی کنجد

تجزیه واریانس میانگین داده‌های حاصل از سه سطح دمایی (˚C ۳۰، ۶۰ و ۹۰) بر میزان استخراج روغن از دانه‌ی روغنی کنجد نشان داد که تغییر دما تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر میزان استخراج روغن دارد (جدول ۱). مطابق شکل ۵ بیشترین میزان استخراج مربوط به سطح دمایی ˚C۶۰ با مقدار ml ۲۲/۳۱ و کمترین میزان مربوط به سطح دمایی ˚C۹۰ با مقدار ml ۱۷/۳۷ می‌باشد. در حقیقت با افزایش دما تا سطح ˚C۶۰ قابلیت تراکم‌پذیری در دانه‌ی روغنی افزایش می‌یابد و در نتیجه فشار لازم برای استخراج روغن از دانه‌ی روغنی کاهش می‌یابد. اما با افزایش دما تا سطح ˚C۹۰ ، به دلیل کاهش میزان رطوبت و سوخته شدن کنجاله بخشی از روغن همراه کنجاله از دستگاه خارج می‌شود و میزان روغن کاهش می‌یابد (Ogunsina *et al.*, 2008; Rostami *et al.*, 2014). در پژوهشی که روی روغن چریش[1](نیم) انجام شد نیز مشخص گردید که اگر میزان رطوبت در اثر افزایش دما، کاهش یابد، عملکرد استخراج روغن از ۳۲٪ به ۱۸ ٪ می‌رسد (Soetaredjo *et al.*, 2008).



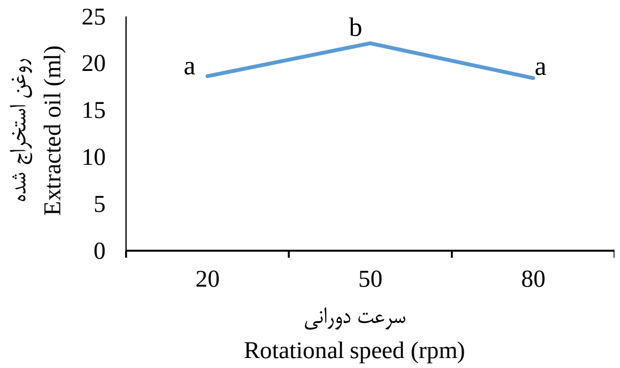
شکل ۵– اثر دما بر میزان استخراج روغن از دانه‌ی کنجد
Fig.5. The effect of temperature on the amount of oil extracted from sesame seeds

اثر متغیر سرعت دورانی بر میزان استخراج روغن از دانه‌ی روغنی کنجد

تجزیه واریانس میانگین داده‌های حاصل از سه سطح سرعت (۲۰، ۵۰ و ۸۰ rpm) بر میزان استخراج روغن از دانه‌ی روغنی کنجد نشان داد که تغییر سرعت دورانی پیچ پرسی تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد بر میزان استخراج روغن دارد (جدول ۱). مطابق شکل ۶ بیشترین میزان استخراج مربوط به سطح سرعت rpm ۵۰ با مقدار ml ۲۲/۱۲ و کمترین میزان مربوط به سطح سرعت rpm ۸۰ با مقدار ۱۸/۴۰ml گزارش داده شد. در حقیقت با افزایش سرعت دورانی از ۵۰

1- Neem oil

به rpm ۸۰ زمان ماندگاری مواد در داخل دستگاه روغن‌کشی کاهش پیدا کرده در نتیجه روغن شانس کمتری برای خروج و جریان یافتن از بین کنجاله‌ها را دارد و در نتیجه میزان روغن خروجی کاهش می‌یابد (Eggers *et al.*, 1985; Evangelista, 2009). از طرفی کاهش سرعت چرخش پیچ پرسی از ۸۰ به rpm ۵۰ سبب افزایش ماندگاری مواد درون سیلندر شده و این ماندگاری دانه‌های روغنی سبب افزایش فشار بین دانه‌ها و افزایش دما شود (Evangelista, 2009). این شرایط درنهایت منتهی به جریان ساده‌تر روغن و افزایش میزان آن می‌شود (Bamgboye and Adejumo, 2007). از طرفی مطابق شکل ۶ بین سرعت ۲۰ و ۸۰ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. کاهش استخراج روغن در سرعت ۲۰ احتمالاً به دلیل آن است که نیروی برشی کافی جهت استخراج روغن از دانه‌های روغنی در این سرعت فراهم نشده است.

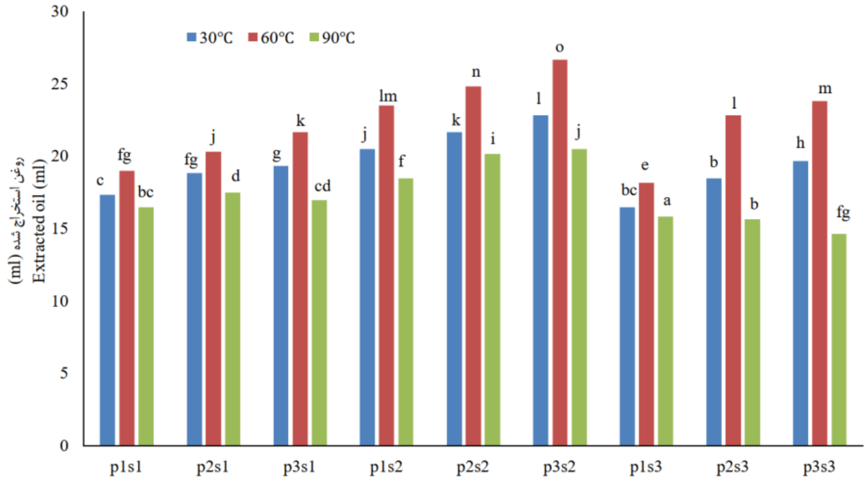


شکل ٦– اثر سرعت دورانی بر میزان استخراج روغن از دانه‌ی کنجد

Fig.6. The effect of rotational speed on the amount of oil extracted from sesame seeds

اثر متقابل سه‌گانه پیچ پرسی، سرعت دورانی و دما بر میزان استخراج روغن

اثر متقابل سه‌گانه نوع پیچ پرسی، سرعت دورانی و دمای استخراجی بر میزان استخراج روغن در سطح یک درصد معنی‌دار بود بر اساس نتایج به‌دست آمده بیشترین میزان استخراج روغن مربوط به پیچ پرسی مخروطی، سطح دمایی ۶۰°C و سرعت دورانی rpm ۵۰ با میزان ۲۶/۶۶ml و کمترین میزان استخراج روغن از دانه‌ی روغنی مربوط به پیچ پرسی مخروطی، سرعت دورانی ۸۰ و دمای ۹۰ °C با میزان ۱۴/۶۶ ml به‌دست آمد (شکل ۷). از لحاظ تئوری عملکرد روغن با افزایش دما و فشار باید افزایش یابد. اما تحت شرایط معین افزایش دما می‌تواند منتهی به کاهش میزان روغن گردد (Adeeko and Ajibola, 1990; Baryeh, 2001; Hamzat and Clarke, 1993). افزایش بیش از حد دما سبب کاهش راندمان استخراج روغن از دانه‌ی روغنی می‌شود. در حقیقت افزایش زیاد دمای ناشی از تغییر پیچ پرسی (پیچ مخروطی) و دمای ۹۰ درجه باعث کاهش محتوای رطوبتی دانه شده و در نهایت میزان استخراج روغن کاهش می‌یابد (Soetaredjo *et al.*, 2008). همچنین در دمای ۶۰ °C و سرعت rpm ۵۰، به‌طور همزمان تراکم‌پذیری دانه روغنی افزایش یافته و فشار لازم برای استخراج روغن کاهش می‌یابد و زمان کافی برای استخراج روغن مهیا بوده است (Bargale *et al.*, 1999). سرعت دورانی پیچ پرسی با زمان ماند مواد درون سیلندر ارتباط مستقیمی دارد به‌طوری که با کاهش سرعت دورانی، زمان ماند مواد درون سیلندر افزایش یافته و این امر سبب افزایش برخورد پیچ پرسی و دانه و خود دانه‌ها با یکدیگر می‌شود. در سرعت rpm ۲۰ به سبب افزایش زمان ماندگاری مواد درون سیلندر تعداد برخورد دانه‌های روغنی بالا رفته، در نتیجه اصطکاک بین دانه‌های روغنی افزایش یافته که این امر باعث بالا رفتن بیش از حد دما و در نتیجه باعث کاهش رطوبت موجود بین بافت‌های دانه‌ی روغنی می‌شود در نتیجه میزان استخراج پایین می‌آید. اما در سرعت دورانی rpm ۵۰ به دلیل کاهش اصطکاک زیاد دانه‌های روغنی و داشتن زمان کافی برای پرس شدن دانه‌ها راندمان استخراج افزایش می‌یابد. همچنین کاهش فاصله بین قطر داخلی پیچ پرسی و دیواره سیلندر سبب افزایش فشار شده در نتیجه میزان گرمای حاصل از اصطکاک بالا رفته و روغن بیشتری از دانه‌ی روغنی خارج می‌شود (Evangelista, 2009). در حقیقت در سرعت ۵۰ دور بر دقیقه و پیچ مخروطی دما و زمان ماند کافی برای استخراج روغن وجود دارد.



شکل ۷- اثر متقابل سه‌گانه پیچ پرسی و سرعت دورانی و دما بر میزان استخراج روغن

p_1 = پیچ ساده، p_2 = پیچ متغیر، p_3 = پیچ مخروطی و s_1 = سرعت ۲۰rpm، s_2 = ۵۰rpm، s_3 = ۸۰rpm

Fig.7. The triple interaction of press screw type, rotational speed and temperature on the amount of oil extraction from sesame seeds

p_1 = Spur gear with constant pitch s, p_2 = Cone type, p_3 = Variable pitch and s_1 = 20 rpm, s_2 = 50 rpm, s_3 = 80 rpm

نتایج شبکه عصبی و مدل‌های رگرسیونی

نتایج نشان داد از مجموع ۱۰۰۰ تکرار آموزشی در بخش آموزش شبکه، کمترین میزان خطای آموزش از تکرار ۳۶ ولی از نظر اعتبارسنجی در تکرار ۲۲ اتفاق افتاد. بنابراین تکرار ۲۲ به‌عنوان بهترین مدل آموزشی انتخاب شد. ساختار شبکه شامل تعداد نرون و پارامترهای یادگیری شبکه عصبی بهینه در جدول ۲ ارائه شده است.

مقادیر بالای ضریب همبستگی و کم RMSE گویای کارایی بالای مدل شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی میزان روغن استخراجی از کنجد در طی فرآیند استخراج می‌باشد. شکل ۸ مقادیر واقعی داده‌های به‌دست آمده از آزمایش در مقابل مقادیر پیشگویی شده توسط مدل شبکه عصبی نشان می‌دهد.

جدول ۲- درصد ضریب همبستگی و شاخص RMSE پیش‌بینی مدل شبکه عصبی

Table 2- Correlation coefficient and RMSE index prediction of neural network model

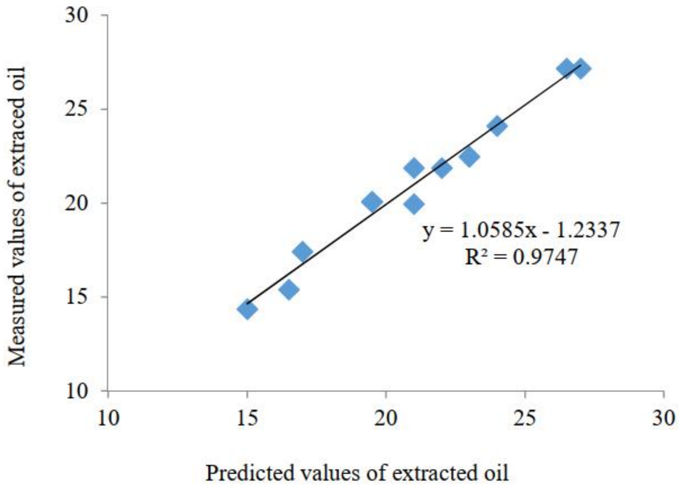
پارامتر Parameter	معماری Architecture	تابع فعال‌سازی Activation function		آموزش Training		آزمون Test	
		لایه مخفی Hidden Layer	لایه خروجی Output Layer	RMSE	R^2	RMSE	R^2
میزان روغن استخراجی Extracted oil	3-8-1	تانژانت هیپربولیک Hyperbolic tangent	خطی Linear	0.006	98.9	0.65	97.8

درصد ضریب همبستگی و شاخص RMSE پیش‌بینی مدل‌های رگرسیونی در جدول ۳ آمده است. بالاترین ضریب همبستگی در مدل رگرسیون غیرخطی درجه دوم ۸۸ درصد مشاهده شد. در حالی‌که کم‌ترین ضریب همبستگی برای پاسخ‌ها با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی، ۹۷/۴۷ درصد بود. هم‌چنین مقایسه خطای محاسبه شده برای هر یک از مدل‌های رگرسیونی بیش‌تر از خطای شبکه عصبی بهینه بود. بنابراین می‌توان از شبکه عصبی مصنوعی بهینه یافته در این پژوهش در ارزیابی عوامل مؤثر بر تغییرات کمی میزان روغن استخراجی از کنجد در طی فرآیند استخراج و بهینه‌یابی شرایط آن، استفاده کرد.

جدول ۳- درصد ضریب همبستگی و شاخص RMSE پیش‌بینی مدل‌های رگرسیونی

Table 3- Correlation coefficient and RMSE index prediction of regression models

پارامتر **Parameter**	**مدل Model** رگرسیون خطی **Linear regression**		رگرسیون چندجمله‌ای درجه دوم **Secondary order polynomial regression**	
	RMSE	R^2	**RMSE**	R^2
میزان روغن استخراجی Extracted oil	2.77	10.22	0.98	88.00



شکل ۸- همبستگی بین خروجی واقعی و خروجی پیش‌بینی شده در بخش آزمون شبکه عصبی

Fig.8. Correlation between actual output and predicted output in the test section of neural network

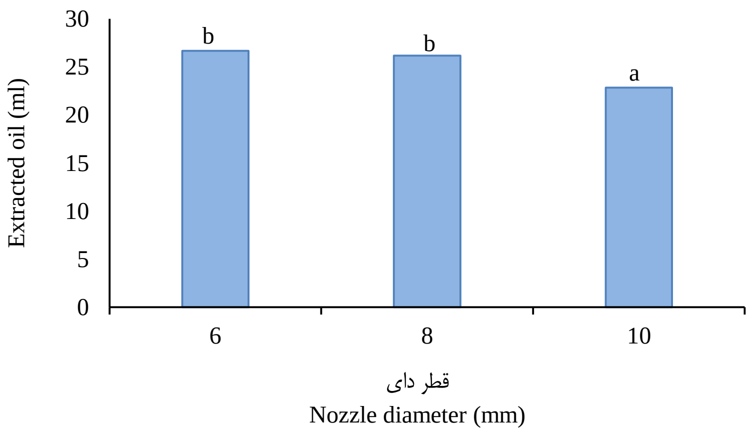
جدول ٤- آنالیز تجزیه واریانس میانگین داده‌های حاصل از تغییر قطر دای بر میزان استخراج روغن از دانه‌های روغنی

Table 4- Analysis of variance of die size changes on the amount of oil extraction

منابع تغییرات **Source of variation**	درجه آزادی **df**	میانگین مربعات **Mean squares**
قطر دای Die diameter	2	13.02**
خطا Error	6	0.250

** وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

**, significant 0 .01 level



شکل ۹- اثر قطر دای (mm) بر میزان استخراج روغن

Fig.9. The effect of die diameter (mm) on the amount of oil extraction

اثر تغییر قطر دای بر میزان استخراج روغن

نتایج حاصل از آنالیز تجزیه واریانس میانگین داده‌های حاصل از تغییر قطر دای بر میزان استخراج روغن از دانه‌های روغنی در جدول ۴ نمایش داده شده است. این آزمایش برای نشان دادن تأثیر قطر دای‌های مختلف بر میزان استخراج روغن در شرایط ثابت پیچ مخروطی، دمای $۶۰^{\circ}C$ و سرعت دورانی ۵۰ rpm صورت گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که بالاترین میزان استخراج روغن مربوط به قطر دای ۶mm با میزان ۲۶/۶۶ ml و کمترین میزان مربوط به قطر دای ۱۰mm با مقدار ۲۲/۸۳ ml گزارش داده شد. مطابق شکل ۹ نتایج آزمایش نشان‌گر وجود اختلاف معنی‌دار در

سطح یک درصد اثر قطر دای بر میزان استخراج روغن بود. می‌توان گفت قطر دای با فرآیند فشار ارتباط دارد به عبارتی هرچه اندازه دای کوچک‌تر گردد فشار به دانه‌های روغنی افزایش می‌یابد. با افزایش فشار دمای بین دانه‌ها و بین دانه‌ها و پیچ پرسی افزایش می‌یابد که نتیجه این امر سبب بالا رفتن میزان استخراج روغن می‌شود. در پژوهشی که دلی و همکاران، انجام دادند مشخص شد با کاهش اندازه دای، میزان روغن استخراجی از دانه روغنی سیاه‌دانه افزایش می‌یابد (Deli *et al.*, 2011).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر شرایط دمایی، سرعت دورانی پیچ پرسی، نوع پیچ پرسی و اندازه دای بر میزان استخراج روغن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد تغییر نوع پیچ پرسی، سرعت دورانی و دما بر میزان استخراج روغن از دانه‌ی روغنی کنجد در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشند. بیشترین راندمان استخراج روغن مربوط به پیچ پرسی مخروطی، سطح دمایی ۶۰ °C و سرعت دورانی rpm ۵۰ با میزان ۶۶ ml /۲۶ و کمترین میزان استخراج روغن از دانه‌ی روغنی کنجد مربوط به پیچ پرسی مخروطی، سرعت دورانی ۸۰ و دمای ۹۰ °C با ۱۴/۶۶ ml به‌دست آمد. همچنین مشخص گردید تغییر قطر دای بر میزان استخراج روغن از دانه‌های روغنی در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد. بیشترین و کمترین مقدار روغن استخراج شده به‌ترتیب ۲۶/۶۶ ml و ۲۲/۸۳ ml مربوط به قطر دای ۶mm و ۱۰mm به‌دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی با توپولوژی ۱-۸-۳ با ضریب همبستگی ۹۷/۴۷ درصد و مجذور میانگین مربعات خطای، ۰/۶۵ در مقایسه با مدل‌های رگرسیون خطی و درجه دوم کارایی بالاتری در پیش‌بینی میزان روغن استخراجی دارد.

References

1. Adeeko, K., and O. Ajibola. 1990. Processing factors affecting yield and quality of mechanically expressed groundnut oil. Journal of Agricultural Engineering Research 45: 31-43.
2. Ajibola, O., D. Okunade, and O. Owolarafe. 2002. Oil point pressure of soybean. Journal of Food Process Engineering 25: 407-416.
3. Alyemeni, M. N., A. Basahy, and H. Sher. 2011. Physico-chemical analysis and mineral composition of some sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) grown in the Gizan area of Saudi Arabia. Journal of Medicinal Plants Research 5: 270-274.
4. Bamgboye, A. I., and A. D. Adejumo. 2007. Development of a sunflower oil expeller. Agricultural Engineering International: CIGR EJournal. IX: 1-7
5. Bargale, P., R. Ford, F. Sosulski, D. Wulfsohn, and J. Irudayaraj. 1999. Mechanical oil expression from extruded soybean samples. Journal of the American Oil Chemists' Society 76: 223-229.
6. Baryeh, E. A. 2001. Effects of palm oil processing parameters on yield. Journal of Food Engineering 48: 1-6.
7. Biabani, A., and H. Pakniyat. 2008. Evaluation of seed yield-related characters in sesame (*Sesamum indicum* L.) using factor and path analysis. Pakistan Journal of Biological Sciences 11: 1157-1160.
8. Cert, A., W. Moreda, and M. Pérez-Camino. 2000 .Chromatographic analysis of minor constituents in vegetable oils. Journal of Chromatography A 881: 131-148.
9. Deli, S., M. Farah Masturah, Y. Tajul Aris, and W. Wan Nadiah. 2011. The Effects of physical parameters of the screw press oil expeller on oil yield from *Nigella sativa* L seeds. International Food Research Journal 18.
10. Dolatabadi, Z., A. H. E. Rad, V. Farzaneh, S. H. A. Feizabad, S. H. Estiri, and H. Bakhshabadi. 2016. Modeling of the lycopene extraction from tomato pulps. Food Chemistry 190: 968-973.
11. Eggers, R., H. Boeck, and W. Stein. 1985. Messung von Druck-und Temperaturprofilen beim Abpressen von Ölsaaten in Seiherschneckenpressen. Fette, Seifen, Anstrichmittel 87: 494-499.
12. El Khier, M. K. S., K. E. A. Ishag, and A. Yagoub. 2008. Chemical composition and oil characteristics of sesame seed cultivars grown in Sudan. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 4: 761-766.
13. Erenturk, S., and K. Erenturk. 2007. Comparison of genetic algorithm and neural network approaches for the drying process of carrot. Journal of Food Engineering 78: 905-912.
14. Evangelista, R. L. 2009. Oil extraction from lesquerella seeds by dry extrusion and expelling. industrial crops and products 29: 189-196.
15. FAOSTAT. 2017. URL http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
16. Feyzollahzadeh, M., A. M. Nikbakht, and A. ModarresMotlagh 2013. Investigation of the Effects of Irrigation and Nutrient Treatments on Biophysical and Biomechanical Properties of Safflower Seed. Journal of Agricultural Machinery 3 (1): 58-70. (In Farsi).
17. Hamzat, K., and B. Clarke. 1993. Prediction of oil yield from groundnuts using the concept of quasi-equilibrium oil yield. Journal of Agricultural Engineering Research 55: 79-87.
18. Haumann, B. 1997. Mechanical extraction: capitalizing on solvent-free processing. inform 8: 165-174.
19. Hernandez-Perez, J., M. Garcıa-Alvarado, G. Trystram, and B. Heyd. 2004. Neural networks for the heat and mass transfer prediction during drying of cassava and mango. Innovative Food Science & Emerging Technologies 5: 57-64.

20. Khan, L., and M. Hanna. 1983. Expression of oil from oilseeds-a review. Journal of Agricultural Engineering Research 28: 495-503.
21. Malek, F. 2000. Edible Fats and Vegetables Oils, Characteristic and Processing Farhang-Ghalam Press. 464 p. (In Farsi).
22. Mazaheri, A. 2006. New technology in oils and fats science. Journal of Vegetable Oil Industry 37: 12-14.
23. Ogunsina, B., O. Owolarafe, and G. Olatunde. 2008. Oil point pressure of cashew (Anacardium occidentale) kernels. International Agrophysics 22: 53.
24. Olaomi, J. 2008. Design and Construction of a Motorized Groundnut oil Expelling Machine. B. Eng Thesis, Department of Mechanical Engineering, University of Ilorin, Nigeria.
25. Mohsenin, N. N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach science publishers. 734 p.
26. Rababa'h, T. 1998. Improvement of the quality of Halawa Tahinia with special emphasis on the problem of oil separation. Master thesis, Jordan University.
27. Rostami, M., V. Farzaneh, A. Boujmehrani, M. Mohammadi, and H. Bakhshabadi. 2014. Optimizing the extraction process of sesame seed's oil using response surface method on the industrial scale. Industrial Crops and Products 58: 160-165.
28. Siger, A., and M. Nogala-Kalucka and E. Lampart-Szczapa. 2008. The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils. Journal of Food Lipids 15: 137-149.
29. Soetaredjo, F. E., G. Budijanto, R. Prasetyo, and N. Indraswati. 2008. Effects of pre-treatment condition on the yield and quality of neem oil obtained by mechanical pressing. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences 3: 45-49.
30. Wiesenborn, D., R. Doddapaneni, K. Tostenson, and N. Kangas. 2001. Cooking indices to predict screw-press performance for crambe seed. Journal of the American Oil Chemists' Society 78: 467-471.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 10, No. 2, Fall- Winter 2020, p. 325-336

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۹، ص ۳۳۶-۳۲۵

The Effect of Rotational Speed, Temperature, Type of Screw and Die Diameter on the Amount of Oil Extracted from Sesame

M. Asafi[1], R. Meamar Dastjerdi[2*], M. Noshad[3]

Received: 02-01-2019
Accepted: 16-04-2019

Introduction

In recent years, with increasing population growth and improving livelihoods, the consumption of vegetable oils has been increasing and has led to an increase in the level of oilseed cultivation. Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an economically important crop which is widely cultivated all over the world. Sesame has been considered as an oil plant for cultivation in Iran's climatic conditions recently. Sesame contains about 58-44% oil, 18-25% protein and 13.5% carbohydrate. Sesame is grown mainly in the developing tropical and subtropical areas of Asia, Africa. The three countries of China, India and Myanmar are accounted as the largest producers of this product in the world. Screw pressing is the most reliable method for extracting oil from oilseed grains. This method is simpler than others and is more efficient in terms of cost and food security. The general objective of this research was to investigate the effects of rotational speed, temperature, type of screwing and die diameter on the amount of oil extraction from sesame oil and prediction of oil extraction using artificial neural network and compare to regression models.

Materials and Methods

In this research, a sesame oil extractor machine was designed and manufactured. Various experiments were carried out to determine the amount of oil extracted based on variable parameters such as the shape of the press screw, the rotational speed, the temperature and the diameter of the die. The experiment was performed at three levels of press screw type (constant pitch, variable pitch and conical), temperature (30, 60, 90), three levels of rotational speed (20, 50, 80 rpm) and three level of die diameter (6, 8, 10mm). The experimental design was factorial based on completely randomized design with three replications. The mathematical software (Matlab, 2012b) was used to determine the optimal neural network. The type of network was Multi-Layer Perceptron (MLP). In order to design this network, there were 3 neurons in the first layer (input), which was equal to the number of studied variable parameters (type of screw, rotational speed and temperature), the second layer was hidden layer, and the last layer (the output) had a neuron for the extracted oil) was equal to the number of outputs examined in this network. The Levenberg-Marquardt algorithm (LM) was used to train it, which is one of the fastest neural network training methods. The Second-order polynomial regressions were performed based on the step-by-step method and non-meaningful sentences were eliminated from the model. The accuracy of the models was determined by calculating the correlation coefficient and root mean square error (RMSE) indices.

Results and Discussion

The results of the experiments showed that the effect of type of press screw, rotational speed, extraction temperature and die diameter on the amount of oil extraction was significant ($p\leq 0.01$). The highest amount of extracted oil was obtained at conical press screw , rotational speed of 50 rpm, temperature of 60 °C and die diamter of 6 mm. An artificial neural network of three-layer perceptron and regression models were used to predict the amount of sesame oil extracted. The results showed that the artificial neural network model (1-8-3) with a correlation coefficient of 97.47% and a RMSE of 0.65 compared to linear regression and quadratic regression models had the higher efficiency in predicting the amount of extracted oil.

Conclusions

In this study, the effect of temperature, rotational speed, press screw type and die diameter on the amount of extracted oil were investigated. The results of this study showed that the change in the type of screw, rotational speed, diameter of die and temperature on the amount of extracted oil was significant at 1% level. Results also showed that the artificial neural network method was more efficient than linear and second order regression methods.

Keywords: Artificial neural networks, Die dimension, Extraction, Press screw, Rotational speed, Sesame oil, Temperature

1- MSc. Graduated, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
2- Assistant Professor, Department of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
3- Assistant Professor, Department of Food Sciences, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran
(*- Corresponding Author Email: rasoul.memar@asnrukh.ac.ir)